



TYPPILANNOITUKSEN VAIKUTUS LAITUMEN SATOON JA REHUARVOON

Opinnäytetyö

Virve Laitinen

**Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Kotieläintuotanto ja -teknologia**

Hyväksytty _____.____._____

Koulutusala: Luonnonvara-ala	
Koulutusohjelma: Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma	Suuntautumisvaihtoehto: Kotieläintuotanto ja -teknologia
Työntekijä/tekijät: Virve Laitinen	
Työn nimi: Typpilannoituksen vaikutus laitumen satoon ja rehuarvoon	
Päiväys: 20.5.2008	Sivumäärä/liitteet: 33 + 2
Ohjaaja/ohjaajat: Sinikka Ripatti, Pirjo Suhonen, Petri Kainulainen	
Toimeksiantaja: MTT/Pohjois-Savon tutkimusasema/ Perttu Virkajärvi	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>On epäilty, että laitumilla olisi suurempi merkitys vesistöjen kuormittajana kuin muilla nurmilohkoilla. MTT:n peltokasvitutkimuksen, Pohjois-Savon tutkimusaseman ja Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman yhteistyönä tutkittiin lannoitetyypin vähentämisen vaikutuksia. Tutkimus toteutettiin MTT:llä 2004–2007. Laitumelle kertyvän typen määrä on tiedossa ja tutkimuksen tavoitteena on mahdollinen typpilannoitussuosituksen alentaminen. Jokainen ylimääräinen lannoituskilo, jolla ei saavuteta tuotantovastetta, on sekä viljelijälle taloudellisesti kannattamatonta että ympäristöä kuormittavaa.</p> <p>Ennen kuin lannoitussuosituksia voidaan alentaa, täytyy tietää satovasteet alemmilla lannoitusmäärillä. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, millä tavalla eri lannoitustasot vaikuttavat laidunnetulla laitumella ja ruutukokeessa. Varsinaisessa laidunkokeessa Maaningalla oli kolme typpilannoitustasoa; 120, 170 ja 220 kg N/ha. Laidunkokeen lisäksi perustettiin ruutukokeita, joissa nurmi niitettiin laidunasteella ja typpilannoitustasoina käytettiin 0, 70, 120, 170, 220 ja 270 kg N/ha.</p> <p>Laitumella rehuyksikkösato, ruohon raakavalkuais- ja kivennäispitoisuus, tarjolla olevan laitumen määrä sekä laidunnuspäivien lukumäärä kasvaa typpilannoitusta nostettaessa. Näiden kaikkien kohdalla vaikutus pienenee lannoituksen noustessa yli 170 kg typpeä. Energiakorjattuun maitomäärään (EKM) sekä maidon rasva- ja valkuaispitoisuuteen lannoituksella ei voida vaikuttaa, sen sijaan maidon ureapitoisuus nousee. Ruutukokeessa rehuyksikkösato ja raakavalkuaispitoisuus nousevat lannoitusta lisättäessä, mutta satovaste pienenee. Aidon laitumen ry-vaste on pienempi kuin ruutukokeessa, joka johtuu siitä, että lehmä syö laitumen epätasaisesti. Aidon laitumen raakavalkuaispitoisuudet ovat suuremmat lehmän vuosien aikana ulosteina tuottaman typen vuoksi.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, että paras satovaste laitumelta saadaan lannoitettaessa 170 kg N/ha. Vaste on silloin 6,6 ry/kg N ja rahallisesti arvo on 4,92 €/kg N. Nostettaessa lannoitusta 170 kg:sta vaste pienenee niin, ettei lannoitus enää ole kannattavaa.</p>	
Avainsanat: typpi, lannoitus, laidun	
Luottamuksellisuus: julkinen	

Field of study: Natural Resources and the Environment	
Degree Programme: Agriculture and Rural Development	Option: Animal husbandry
Author(s): Virve Laitinen	
Title of Thesis: Effects of nitrogen fertilization on crop and feed value in pasture	
Date: 20.5.2008	Pages/appendices: 33 + 2
Supervisor(s): Sinikka Ripatti, Pirjo Suhonen, Petri Kainulainen	
Project/Partners: MTT/North Savo Research Station/Perttu Virkajärvi	
<p>Abstract:</p> <p>There have been doubts that pasture strains water systems more than other grass parcels. Field plant research of MTT, Northern Savo Research Station and North Ostrobothnia Research Station have in co-operation studied effects of reduction of nitrogenous fertilizers. The research was executed in the MTT in 2004-2007. The amount of accumulated nitrogen in pasture is known and the goal of the research is a possible reduction in the recommendation of nitrogenous fertilizers. Every extra kilo of fertilizer which does not return production costs is unprofitable for farmer and it strains the environment, too.</p> <p>Before the recommendations of fertilizers can be reduced the crop response with lower amounts has to be known. The purpose of the research was to find out how the different amounts of fertilizer affect grazed pasture and simulated pasture. In the grazed pasture experiment in Maaninka there were three amounts of nitrogenous fertilizer; 120, 170 and 220 kg N/ha. Also simulated pastures were established; there the grass was cut when it should have been grazed. The amounts of fertilizer were 0, 70, 120, 170, 220 and 270 kg N/ha.</p> <p>Feed unit crop in grazed pasture, contents of crude protein and mineral in grass, available pasture and the number of days in grazing are better when the amount of nitrogenous fertilizer is bigger. The effects of all these becomes smaller when the amount of fertilization goes over 170 kg nitrogen.</p> <p>The calculated energy-corrected milk (ECM) and contents of fat and protein in milk cannot be affected by the fertilization, but the content of urea increases instead. In simulated pasture feed unit crop and crude protein content grow when the amount of fertilization is bigger but the crop response is reduced. The crop response in grazed pasture is smaller than in simulated pasture; that is because a cow has produced nitrogen in feces during many years.</p> <p>In the research was found out that the grazed pasture gives the best crop response when the amount of fertilization is 170 kg N/ha. The response is 6,6 fu/kg N and in Euros it is 4,92 €/kg N. When the amount of fertilization raises over 170 kg the response reduces so that the fertilization is no longer profitable.</p>	
Keywords: nitrogen, fertilization, pasture	
Confidentiality: Public	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	TYPPI KASVINRAVINTEENA.....	7
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	10
3.1	Tavoitteet	10
3.2	Keskeiset käsitteet	10
3.3	Koejärjestelyt	11
3.4	Laidunkoe.....	11
3.5	Simuloitu laidun	14
3.6	Tulosten tilastollinen käsittely	14
3.7	Opinnäytetyön rajaukset	16
4	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	17
4.1	Typpilannoituksen vaikutus laitumiin	19
4.2	Typpilannoituksen vaikutus simuloitussa laitumessa	26
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
6	PÄÄTÄNTÖ.....	30
	LÄHTEET	32

LIITTEET

Liite 1 Laitumen rehuarvojen ja ominaisuuksien p-arvot

Liite 2 Laitumen ja simuloitun laitumen lannoitukset

1 JOHDANTO

Tutkimuksen tausta ja merkitys

Nykyisin ympäristön huomioiminen on noussut merkittävään osaan maanviljelyksessä ja ympäristötukiehdot rajaavat lannoitteiden käyttöä. Laitumen osuus peltoalasta on nykyisin noin 4 % (MMM 2007). On epäilty, että laitumilla olisi suurempi merkitys vesistöjen kuormittajana kuin muilla nurmilohkoilla. Laitumelle tulee lannoituksen lisäksi ravinteita sonnasta ja virtsasta, eikä nurmi pysty käyttämään niitä kokonaan hyväkseen. (Lemola & Turtola 2006, 57.)

Typpeä tulee maaperään satojätteistä, karjan sonnasta ja virtsasta, lannoitteista ja ilmasta. Typpeä poistuu sadon mukana, huuhtoutumalla ja kaasuina. Laitumella on otettava huomioon myös lehmä, joka saa typpeä väkirehussa ja poistaa sitä myös maidossa. Maidossa tuestä poistuu suunnilleen sama määrä, jonka lehmä saa väkirehuna. Laitumella lehmä syö ruohoa ja palauttaa ulosteina tästä syömästään tuestä 75–90 % takaisin maahan (Uusi-Kämppeä ym. 2006, 57). Tästä kierrosta johtuen laidunnettavilla lohkoilla on enemmän typpeä kuin muilla nurmilla.

Ravinteista typpi vaikuttaa satoon eniten. Se lisää sekä sadonmäärää että valkuaispitoisuutta. Keväällä, kun kasvu on nopeaa, nurmi tarvitsee enemmän typpeä kuin loppukesällä ja syksyllä. (Hyytiäinen, Hedman-Partanen & Hiltunen 1999, 25–26.) Nurmen raakavalkuaispitoisuus on normaalistikin hyvä, n. 10 % (Heinonen, Hartikainen, Aura, Jaakkola & Kemppainen 1996, 209, 216) eikä sitä ole tarpeen nostaa enää paljon. Noin 13 %:n raakavalkuaispitoisuus riittää pötsin tarpeisiin. Raakavalkuaispitoisuutta ei kannata nostaa lannoittamalla. (Nousiainen 2003.) Lehmä ei kuitenkaan pysty hyödyntämään kaikkea saamaansa raakavalkuaista, vaan rehun korkea valkuainen nostaa maidon ureapitoisuutta ja typen ylimäärä poistuu virtsassa.

Typen ja muiden ravinteiden kiertoa ja maahan kertymistä on tutkittu useampana vuonna. On huomattu, että typpeä kertyy eri tavalla laitumeen kuin niitonurmeen. Viimeisimpien tutkimusten mukaan on todettu, että laitumelle kertyy kahden vuoden aikana noin 380 kg/ha typpeä. Vaikka typpeä kertyy laitumeen, se ei vaaranna pohjavesiä nurmivuosina. Sen sijaan typpeä huuhtoutuu pohjavesiin uusimisvuonna, joten kynnetylle alueelle tulisi kylvää mahdollisimman tehokas typen hyödyntäjä-

kasvi. (Saarijärvi, Virkajärvi, Heinonen-Tanski & Taipainen 2006c, 12, 15–16.)
Laitumen typpilannoitussuosituksia on jo alennettu 220 kg:sta 190 kg:aan näiden tietojen pohjalta.

Laitumen aiemmat typpilannoituskokeet ovat 1960- ja 1970-luvuilta. Silloin ympäristökuormitusta ei pidetty niin suurena uhkana kuin nykyään. Vain yhdessä suomalaisessa tutkimuksessa aikaisemmin on käytetty kolmea eri lannoitustasoa, 100 kg, 200 kg ja 300 kg. Tutkimuksen mukaan rehuyksikkösato nousee nostettaessa typpilannoitusta. (Ettala, Poutiainen, Lampila, Rinne & Takala 1971, 28.) Ei kuitenkaan voida olla varmoja siitä, miten suoraviivaista nousu on, lisääkö lannoitus välillä 150 ja 200 kg N/ha satoa yhtä paljon kuin välillä 100 ja 150 kg N/ha.

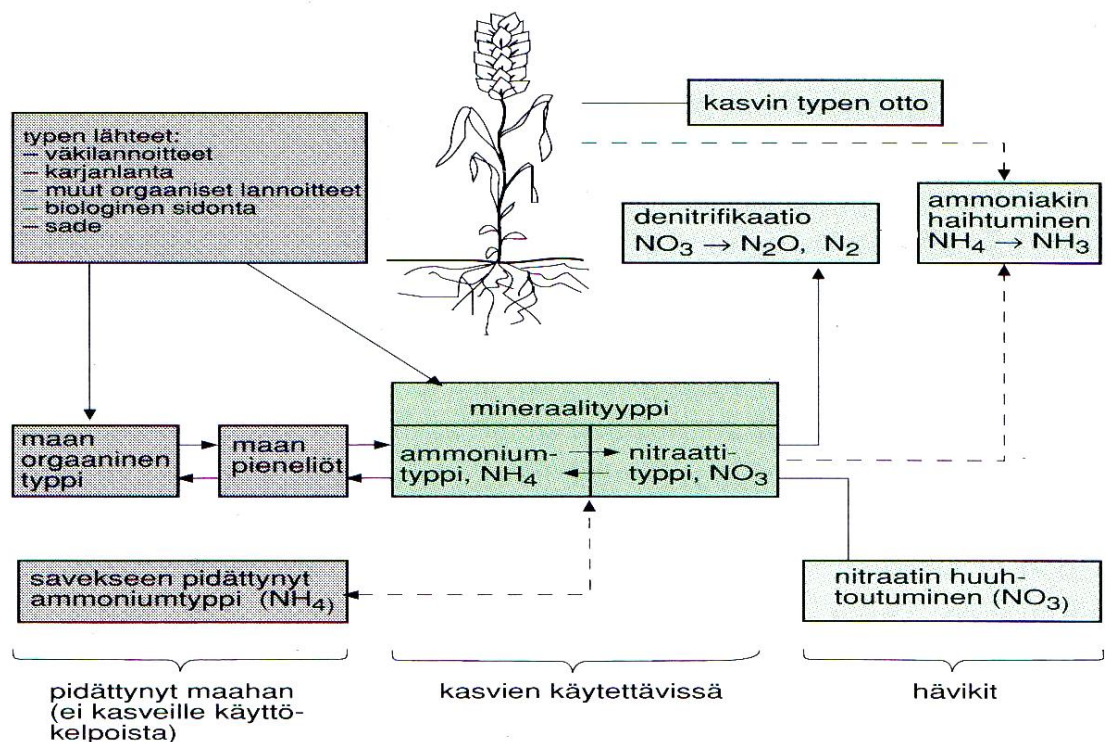
Esimerkiksi Ruotsissa laitumen typpilannoitussuositus on 140 kg/ha (Yara Gödslingsråd 2008, 5), joka on 25 % vähemmän kuin Suomen nykyinen suositus 190 kg/ha. Suomessa on laitumia 87 900 ha (Maatilatilastollinen vuosikirja 2006, 106) ja lannoitettaessa suosituksen mukaan käytetään laitumien lannoitukseen 16,7 milj. kg typpeä. Jos lannoitusta pystytään vähentämään esimerkiksi tämä 25 %, se vähentää typen käyttöä 4,2 milj. kg vuodessa ja alentaa lannoituskustannuksia n. 4,2 milj. €/v. Samalla se vähentää pohjavesien typpikuormitusta.

MTT:llä käynnistettiin laitumen typpilannoituksen vaikutuksia selvittävä osatutkimus keväällä 2004 LAKE-hankkeen (Laajentavien karjatilojen kesäruokintavaihtoehtot) osana. Tutkimus päättyi keväällä 2007.

Työskentelen Pohjois-Savon tutkimusasemalla Maaningalla ja oli luontevaa kysyä opinnäytetyön aiheita työpaikaltani. Tutkija Perttu Virkajärvi ehdotti tätä typpilannoitustutkimusta, johon olen itsekin osallistunut, joten aihe alkoi kiinnostaa. Työni puolesta olen osallistunut tutkimukseen mittaamalla ja ottamalla näytteitä laitumista, jatkokäsittelemällä niitä ja laskemalla lehmämääriä kullekin syötettävälle alueelle.

2 TYPPI KASVINRAVINTEENA

Typpi kuuluu makro- eli pääravinteisiin. Makroravinteita kasvi ottaa yli 10 kg hehtaarilta. (Hyytiäinen & Hiltunen 1996, 20.) Kasvinravinteita on maaperässä varastoituneena luonnostaan huomattavia määriä. Typeä savi- ja hiesumaissa on noin 5–10 t/ha ja karkeissa kivennäismaissa noin 5 t/ha. Suurimmaksi osaksi typpi on maassa eloperäiseen ainekseen sitoutuneena. Jotta kasvit voivat käyttää maassa olevaa typeä, sen on muututtava kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kasvien käyttöön vapautuvan typen määrä riippuu maan multavuudesta, eloperäisen aineen määrästä ja hajoamisnopeudesta, pieneliötoiminnasta, esikasvista, viljelykiertovai-
kutuksesta sekä kasvukauden säästä. Kasvukauden aikana kokonaistypestä vapautuu kasvien käyttöön noin 0,5–1,0 %. (Rajala 2006, 133–135.)



KUVIO 1. Typen kierto (Hyytiäinen & Hiltunen 1996, 47)

Kasvi voi ottaa typeä sekä nitraattityppinä (NO_3^-) että ammoniumtyppinä (NH_4^+). Ammoniumtyppi pyrkii muuttumaan nitraatiksi (nitrifikaatio), joka on kasveille helpommin käytettävissä, mutta altista huuhtoutumiselle ja haihtumiselle (denitrifikaatio, kuvio 1). Denitrifikaatiossa maan mikrobit käyttävät nitraatin hapen, jolloin

typpi haihtuu kaasuina ilmaan. (Hyytiäinen ym. 1996, 46–47.) Nitraatin huuhtoutumisriskiä lisäävät aina runsaat sateet. Pitkä poutakausi saattaa osaltaan lisätä maan typpitappioita, koska typpivarojen hyödyntäminen heikkenee ja maanpintaan rikastunut typpi jää sateiden huuhdottavaksi. (Heinonen ym. 1996, 311.)

Pieneliöstön hajottaessa eloperäistä ainesta maassa, tapahtuu ammonifikaatio, jossa orgaaninen typpi muuttuu ammoniumtypeksi ja osittain ammoniakiksi, joka haihtuu ilmaan. Eliöstö tarvitsee toimiakseen typpeä, joten typpiköyhän aineksen hajotessa vapautuva typpi saattaa kulua kokonaan pieneliöstön tarpeisiin. Viljelymaissa ammoniumtyppeä ei ole paljon, koska se muuttuu helposti nitraatiksi. Koska ammoniumtyppi on myös hyvä typen lähde, nitrifikaatio ei ole kasveille välttämätön. (Heinonen ym. 1996, 221.)

Luonnossa typpeä on myös ilmakehässä. Typpikaasu ei ole kasveille käyttökelpoista sellaisenaan, vaan pieneliöt muuttavat sen käyttökelpoiseen muotoon, ammoniumtypeksi. Tähän biologiseen typensitomiseen pystyvät maassa elävät bakteerit, levät ja sienet. Tärkeimpiä ja tehokkaimpia ovat palkokasvien juurinystyräbakteerit (symbioottiset typensitojat). Biologisen typensidonnan keskimääräiseksi suuruudeksi Suomen maataloudessa arvioidaan noin 4 kg/ha. (Rajala 2006, 201–202). Biologiseen typensidontaan kuuluu myös assosiatiivinen typensidonta, jota tapahtuu joidenkin kasvien juuriston läheisyydessä. Assosiatiivista typensidontaa tapahtuu mm. vehnällä ja joillakin heinäkasveilla (juolavehnä) (Heinonen ym. 1996, 220), mutta Suomen kylmässä ilmastossa se on melko tehotonta (Hyytiäinen ym. 1996, 45).

Typen vaikutus satoon on ravinteista merkittävin. Nurmen kasvu on keväällä nopeaa valon ja kosteuden ansiosta. Tuottaakseen suuren ja valkuaispitoisen sadon, se tarvitsee typpeä enemmän keväällä kuin kasvukauden lopulla, jolloin liika typpi huuhtoutuu helposti ja haittaa nurmen valmistautumista talveen. (Hyytiäinen ym. 1999, 25–26.) Kasvi käyttää typpeä aminohappojen raaka-aineena, joiden avulla syntyvät kaikissa elintoiminnoissa tärkeät valkuaisaineet. Typpi on tärkeä myös yhteyttämiselle, koska se on klorofyllin, lehtivihreän rakennusaine. (Hyytiäinen ym. 1996, 22.) Lannoitteista typpi liukenee nopeasti, joten lannoitus on ajoitettava kasvin suurimman tarpeen mukaan. Nurmi tarvitsee typpilannoitusta 2–3 kertaa kesän aikana, jotta nurmi voi käyttää sen parhaiten hyväkseen. (Heinonen ym. 1996, 250.)

Mikäli kasvilla on puutetta typestä, se jää kitukasvuiseksi, väri on vaalea, versojen lukumäärä vähenee ja sadon määrä ja valkuaispitoisuus jäävät alhaisiksi. Kasvi pystyy siirtämään typpeä vanhoista lehdistä uusiin, joten ensimmäinen näkyvä puutosoire on vanhojen lehtien kellastuminen ja variseminen. (Kasvukirja 2006, 128.) Typen ylimäärä näkyy kasvuston tummanvihreänä värinä. Se myös nostaa ruohon vesipitoisuutta haitaten talvehtimista sekä nitraattipitoisuutta, joka saattaa aiheuttaa eläimille jopa myrkytystilan. Nitraatti muuttuu pötsissä nitriitiksi, joka estää hapen kuljetuksen veressä. Oireina myrkytyksessä ovat vapina, kompurointi ja nopea hengitys, lopulta eläin kuolee tukehtumalla. (McDonald, Edwards & Greenhalgh 1988, 390.)

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

3.1 Tavoitteet

Laitumelle kertyvän typen määrä on tiedossa ja tutkimuksen tavoitteena on mahdollinen typpilannoitussuosituksen alentaminen. Ennen kuin lannoitussuosituksia voidaan alentaa, täytyy tietää satovasteet alemmilla lannoitusmäärillä. Tutkimuksia asiasta on tehty sekä Suomessa että ulkomailla, niiden tulokset poikkeavat toisistaan. Tutkimuksessa haluttiin selvittää millä tavalla eri lannoitustasot vaikuttavat laidunnetulla laitumella ja simuloitulla laitumella.

Viljelijän tavoitteena on kustannustehokas laidunnurmen tuotanto. Jokainen ylimääräinen lannoituskilo, jolla ei saavuteta tuotantovastetta, on taloudellisesti kannattamatonta. Lannoitteiden hintojen nousun myötä todellinen lannoitustarve korostuu. Mikäli typpilannoitussuosituksia voidaan alentaa, viljelijälle koituu säästöä lannoituskustannuksissa.

3.2 Keskeiset käsitteet

Typen kumuloituminen eli kertyminen maahan. Jos laitumelle tulee typeä (mm. lannoitteena) enemmän kuin sitä poistuu, ylimäärä kumuloituu maahan. Seuraavana vuonna maassa siis on ensimmäistä vuotta enemmän typeä valmiiksi, sitä seuraavana taas enemmän. Laitumelle typeä kumuloituu kahden vuoden aikana noin 380 kg/ha (Saarijärvi ym. 2006c, 15). Kumuloitumista ei kuitenkaan tapahdu loputtomiin, vaan määrä vähenee vuosien myötä ylimääräisen typen esimerkiksi huuhoutuessa.

Satovaste tarkoittaa sitä, kuinka suuri on esimerkiksi rehuyksiköiden lisäys yhtä maahan lisättyä typpikiloa kohti (Virka-järvi 2006).

Tarjolla oleva laidun (TOL, kg ka/lehmä/vrk). Kokeessa kaikki typpitasot laidunnettiin niin, että lehmämäärä laskettiin kullekin syötettävälle kaistalle erikseen. Jokaiselle lehmälle oli siis tarjolla sama määrä nurmea (kg ka). MTT:n laidunkokeiden 1997–2003 perusteella arvioitiin, että sopiva määrä saadaan laskemalla $TOL = 1,65 \times$ laskennallinen ry-tarve laidunkauden alussa. (Virka-järvi 2006.)

Simuloidulla laitumella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa ruutukokeita, joilla jäljeltiin laidunta laiduntamatta sitä lehmillä. Ruutukokeissa nurmi niitettiin laidunasteella, 4-5 kertaa kesässä (Virkajärvi 2006).

Cross-over – koejärjestely eli vaihtovuoroinen koejärjestely. Eläinten yksilöllinen vaikutus minimoitiin arpomalla lehmät niin, että kukin lehmä pysyi kuukauden ajan jokaisella lannoitustasolla, jonka jälkeen ryhmät vaihdettiin. (Sairanen 2004.)

Maan orgaaninen liukoinen typpi on kasveille osittain suoraan käyttökelpoisessa muodossa oleva typpi (Rajala 2006, 134).

D-arvolla ilmaistaan sulavan orgaanisen aineen osuus kuiva-aineessa ja ***in vitro*-sulavuus** on orgaanisen aineen sulavuus. D-arvossa ei ole mukana kivennäiset. (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006, 10.)

3.3 Koejärjestelyt

MTT:n peltokasvitutkimuksen, Pohjois-Savon tutkimusaseman ja Pohjois-Pohjanmaan tutkimusaseman yhteistyönä tutkittiin lannoitetypen vähentämisen vaikutuksia. Kolmivuotinen tutkimus jakaantui laidunkokeeseen lypsylehmillä (kolme typpilannoitustasoa) Maaningalla ja simuloituun laitumeen (kuusi typpilannoitustasoa) Jokioisilla, Maaningalla ja Ruukissa.

3.4 Laidunkoe

Varsinaisessa laidunkokeessa Maaningalla oli kolme typpilannoitustasoa; kokeen alkaessa voimassa ollut suositus 220 kg N/ha, pohjoismainen suositus 170 kg N/ha ja alennettu 120 kg N/ha. Lehmien erittämän typen lannoitusvaikutus laidunnettaessa tulee huomioitua. Taloudellisten laskelmien oikeellisuutta parantaa, kun vastemuuttujana on nimenomaan maitotuotos eikä nurmen kuiva-ainesato.

Laidunlohkoja oli käytössä 8 vuosina 2004 ja 2006. Vuonna 2005 käytössä oli kuusi lohkoa nurmien uusimisen vuoksi. Lannoitustasot arvottiin pellolle satunnaistettujen lohkojen menetelmällä (kuvio 2, sivulla 11). Maanäytteiden tulokset raportoidaan niiltä lohkoilta, jotka olivat käytössä koko kokeen ajan. Koealueen maalajina on yli 70 % hieta tai sitä karkeampi. Vedenousukyky maassa on erinomainen ja se

ei yleensä kärsi kuivuudesta. Hienompia lajitteita on 25 %, joten myös ravinteikkuus on hyvä. Pintamaa on runsasmultainen, pohjamaa multava. Kokeen alussa maan pH oli luokassa korkea, kalsiumpitoisuus luokan tyydyttävä ylärajoilla, fosforiluku luokkien hyvä ja korkea rajalla ja kalium ja magnesium luokassa tyydyttävä (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Maaperän viljavuus kokeen alussa 2004

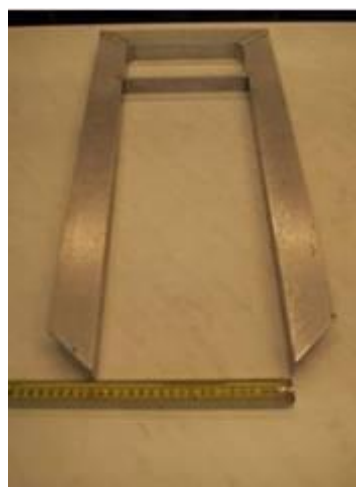
		johtoluku	pH	Ca mg/l	P mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Maalaji
Laidun	0-20 cm	1,6	7,0	1990	28	170	142	KHt-HHt
Simuloitu laidun	20-40 cm	1,2	6,7	1553	19	171	129	KHt-HHt
	0-20 cm	0,6	6,1	1001	20	145	96	KHt



KUVIO 2. Laidunlohkot ja typpitasot

Tutkimuksessa oli vuosina 2004 ja 2006 mukana 8 lehmää/ryhmä ja 7 lehmää/ryhmä vuonna 2005. Lisäksi tarvittiin lisälehmiä, jotta tarjolla oleva laitumen määrä (TOL, kg ka/lehmä/vrk) oli kaikilla sama. Lisälehmien maitotuotos huomioitiin laitumen tuottoa (ry/ha) laskettaessa. Kun TOL on vakio, lannoitustasojen väli-

nen tarkastelu on tasapuolista. Aiempien laidunkokeiden perusteella laskettiin, että sopiva TOL oli 22–23 kg. Jokaiselta laidunnettavalta kaistalta otettiin jokaisella kierroksella alkunäyte mittaamalla ruohon keskikorkeus mittalautasella (kuvio 3) 30 kohdasta koko alueelta. Keskikorkeudesta saksittiin kolme kehikollista (kuvio 4) ruohoa kolmen senttimetrin korkeuteen, jotka kuivattiin ja niistä määritettiin ruohon massa kg ka/ha (Stockdalen kaksoisnäytteenottomenetelmä), jotta eläinmäärä voitiin mitoittaa oikein. Lisäksi mitattiin kunkin lohkon alkukorkeus ennen syöttöä ja loppukorkeus syötön jälkeen nurmitikulla (kuvio 5) ottamalla 30 havaintoa/lohko.



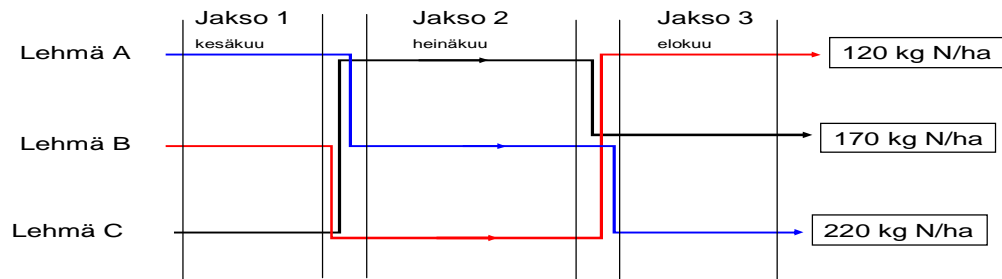
KUVIO 3. Mittalautanen
(Kuvat Virkajärvi 2005)

KUVIO 4. Kehikko 0,1 m²

KUVIO 5. Nurmitikku

Typpilannoituksen vaikutusta maitotuotokseen testattiin ottamalla toiseksi tekijäksi väkirehun raakavalkuaispitoisuus. Lehmät saivat väkirehua 6 kg/vrk, jonka valkuaispitoisuus oli 14 % ja 18 %. Eläinten vaikutus minimoitiin arpomalla eläimet niin, että kukin lehmä pysyi kuukauden ajan jokaisella lannoitustasolla (cross-over – periaate, kuvio 6, sivulla 13). Kuukaudet oli jaettu kahden viikon jaksoihin ja lehmät vaihtoivat väkirehun aina jaksolta toiselle siirryttäessä. Rehuyksikkösato laskettiin jokaisen typpilannoitustason jokaiselle lohkolle. Lohkojen alkunäytteet otettiin jokaisen siirron yhteydessä. Näistä alkunäytteistä otettiin osa ja yhdistettiin viikoittain rehuarvon selvittämiseksi. Näytteistä analysoitiin tuhka, raakavalkuainen, orgaanisen aineen in vitro -sulavuus (sellulaasimenetelmä), D-arvo ja NDF-kuitu MTT:n Kotieläintutkimuksen laboratoriossa Jokioisissa. Maan tyypeä ja sen huuh-

toutumista selvitetiin kokeen alussa ja kasvukauden lopussa ottamalla maanäytteitä sekä typpitaseen perusteella



KUVIO 6. Cross-over – periaate kaaviokuvana

3.5 Simuloitu laidun

Laidunkokeen lisäksi perustettiin ruutukokeita (simuloitu laidun), joissa nurmi niitettiin laidunasteella (4 tai 5 kertaa kesässä). Typpilannoitustasoina käytettiin 0, 70, 120, 170, 220 ja 270 kg N/ha. Kolme tasoa oli samat kuin varsinaisessa laidunkokeessa, joten simuloitun laitumen ja varsinaisen laitumen välisiä eroja voidaan arvioida. Ruutukokeessa mitattiin nurmen lehtivihreäpitoisuutta kuvaava SPAD-lukema Minoltan SPAD-mittarilla. Ruutukokeita perustettiin Jokioisiin kaksi sekä Maaningalle ja Ruukkiin, joten lannoituksen vaikutuksista eri osissa Suomea saatiin parempi kuva.

3.6 Tulosten tilastollinen käsittely

Laidunkoe

Koska koevuosia oli kolme, tulokset analysoitiin aina kun oli mahdollista toistettujen mittausten menetelmällä (esim. koelohkoihin liittyvät havainnot). Mikäli typpilannoituksen ja vuoden yhdysvaikutus oli merkitsevä ($p < 0.05$) laskettiin varianssianalyysit vuosittain, muutoin raportoidaan vain eri tekijöiden päävaikutukset. Muita yhdysvaikutuksia tarkasteltiin vain kun niillä oli merkitystä kokeen tulkin-

nan kannalta (esimerkiksi jakso * vuosi yhdysvaikutus). Typpilannoituksen vaikutus testattiin lineaarisella ja kvadraattisella kontrastilla, joista ensimmäinen testaa typpilannoituksen suoraviivaisen vaikutuksen ja toinen käyräviivaisen vaikutuksen olemassaoloa. (Virkajärvi 2008.)

Typpilannoituksen laidunlohkoihin liittyvät havainnot (tarjolla oleva laitumen massa, nurmen loppukorkeus laiduntamisen jälkeen, rehuyksikkösato) laskettiin käyttäen satunnaistettujen lohkojen koeasetelmaa. Mallin selittävinä tekijöinä olivat typpilannoitus, vuosi (kiinteä tekijä) ja lohko (satunnaistekijä) sekä eri tekijöiden yhdysvaikutukset. (Virkajärvi 2008.)

Laitumen rehuarvomuuttujat (tuhka, raakavalkuainen, sulavuus, D-arvo, NDF) analysoitiin viikoittain ja kuukausittain, koska kesän aikana laitumen rehuarvo noudattaa tyypillisesti käyräviivaista muotoa (tasainen ja nopea sulavuuden lasku kesäkuussa; heinä- ja elokuussa pienemmät muutokset ja yleensä elo- ja syyskuussa korkea sulavuus). Kemiallisia määrittelyjä varten lohkoittain otetut näytteet yhdistettiin edustamaan aina kutakin lannoitustasoa ja koeviikkoa. Tulokset analysoitiin jakaen kesä neljään jaksoon, jotka vastasivat karkeasti ottaen kesä-, heinä-, elo- ja syyskuuta. Tilastomallissa rehuarvon selittäviksi muuttujiksi valittiin typpilannoitus, vuosi ja jakso sekä näiden yhdysvaikutukset. (Virkajärvi 2008.)

Nitraattimääritykset tehtiin päivittäin otetuista näytteistä, koska päiväkohtaisella pitoisuudella on sellaisenaan biologinen merkitys ja toisaalta, koska päiväkohtainen havainto riippuu siitä, milloin typpilannoitus on kyseiselle lohkolle annettu. Näyttemäärän supistamiseksi analysoitiin vain kaksi jaksoa: ensimmäinen jakso lannoituksen jälkeen touko-kesäkuussa sekä toinen jakso toisen lannoituksen jälkeen heinä-elokuussa. Jakson merkitys on siis hieman erilainen kuin muissa rehuarvonäytteissä. Alkuperäisessä aineistossa nitraattipitoisuuden jakauma poikkesi normaali-jakaumasta, joten nitraattipitoisuudelle suoritettiin neliöjuurimuunnos ennen varianssianalyysiä. Muutoin analyysi oli samanlainen kuin muiden rehuarvomuuttujien osalla. Varianssianalyysin p-arvo perustuu muunnettuihin arvoihin. Käsittelykeskiarvot ovat biologisen mielekkyyden vuoksi ilmoitettu muuntamattomina. Lisäksi nitraatin maksimi-arvot julkaistaan sellaisenaan niiden biologisen merkityksen vuoksi (nitraattimyrkytyksen mahdollisuus). (Virkajärvi 2008.)

Simuloitu laidun eli ruutukoe

Ruutukokeen tulokset analysoitiin satunnaistettujen lohkojen menetelmällä. Keskeisistä muuttujista osa oli ns. summamuuttujia (ry-sato, ka-sato, typpisato), joissa niittojen tulokset laskettiin yhteen kasvukausittain. Pitoisuusmuuttujista (raakavalkuainen ja D-arvo) laskettiin vuosittain painotettu keskiarvo, jotta tulokset ovat vertailukelpoiset keskenään. Molemmat muuttujaryhmät (summat, keskiarvot) analysoitiin mallilla, jossa kiinteitä tekijöitä olivat typpilannoitus ja vuosi sekä näiden yhdysvaikutus ja satunnaistekijänä lohko. Lisäksi laskettiin lehtivihreämittauksen SPAD-arvon ja mitatun typpipitoisuuden välinen korrelaatio. Vuosi vaikutti korrelaatioon, joten se laskettiin vuosittain. Tilastolliset analyysit suoritettiin SAS-mixed, corr ja reg -proseduureilla. (Virkajärvi 2008.)

3.7 Opinnäytetyön rajaukset

Suuresta tulosten määrästä johtuen opinnäytetyö rajattiin Maaningalla tehdyistä tutkimuksista saatuihin tuloksiin. Työssä jätettiin käsittelemättä maanäytteiden tulokset, simuloidun laitumen SPAD-lukemat sekä lehmien väkirehussa saamien valkuaislisien vaikutukset.

Itse olen ollut tutkimuksessa mukana mittaamalla ja ottamalla näytteitä laitumista ja maidosta sekä jatkokäsittelmällä niitä. Olen myös tallentanut laitumen tietoja tietokoneelle sekä laskenut lehmien lukumääriä kullekin syötettävälle alueelle. Kenttäkoepuolen työntekijät ovat ottaneet simuloidun laitumen näytteet ja jatkokäsittelleet ne. Tutkijat ovat analysoineet tulokset tilastollisesti.

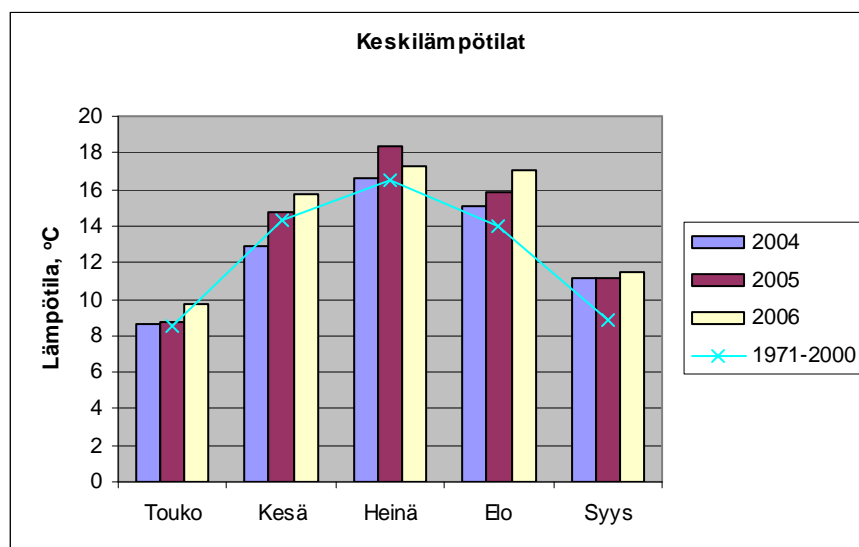
Käsittelen työssäni mielestäni tärkeimmät typpilannoituksen vaikutukset sekä aitoon että simuloituun laitumeen. Vertaan tuloksia ja teen päätelmiä niiden yhteneväisyyksistä ja eroista. Lopuksi lasken lannoituksen kannattavuutta viljelijän kannalta.

4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

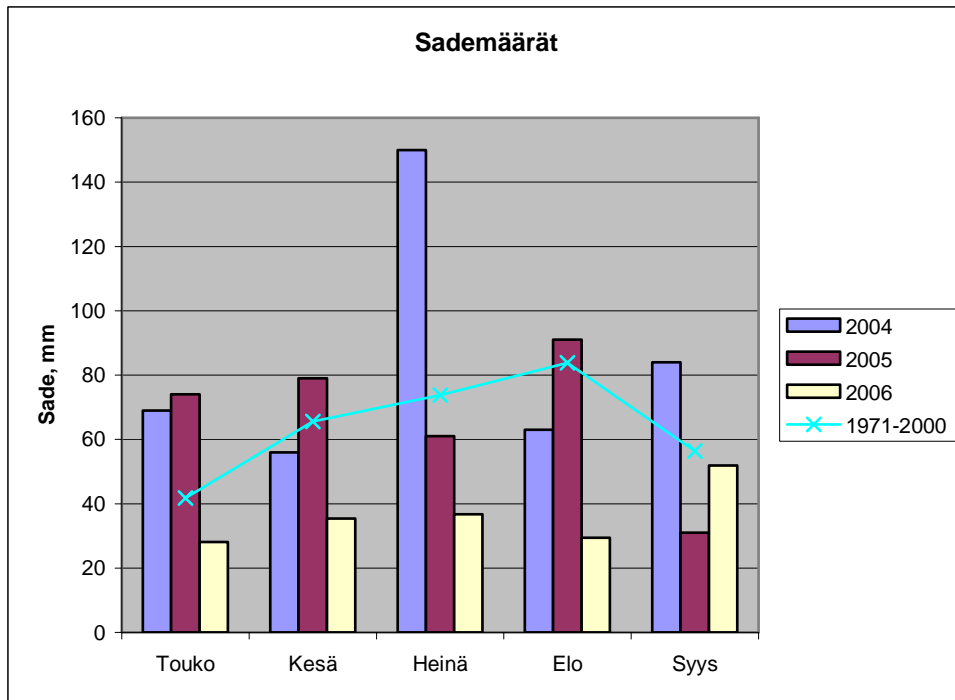
Kesien säät olivat erilaisia. Vuonna 2004 toukokuu oli viileä ja sateinen (kuvio 7 ja kuvio 8 sivulla 17). Kuun puolessa välissä oli pakkasöitä ja viileät yöt jatkuivat kesäkuulle asti. Kesäkuu oli viileä, mutta nurmet kasvoivat normaalisti. Heinäkuun lämpötila oli keskimääräinen, mutta kuukauden viimeisten päivien rankat sateet nostivat sademäärän (kuvio 8, sivulla 17) kaksinkertaiseksi keskimääräiseen verrattuna. Paikoin kasvustot painuivat pitkin maata. Elokuu oli lämmin ja kostea, vaikkei sadetta tullut keskimääräistä enempää. Syyskuu oli hieman keskivertoa lämpimämpi ja sateisempi. Koko kesän haihdunta oli vähäisempää kuin keskimäärin (kuvio 9, sivulla 17).

Vuoden 2005 touko- ja kesäkuu olivat sateisia, mutta lämpötilaltaan keskivertoja. Heinäkuu oli kuiva ja keskimääräistä lämpimämpi. Lämmin sää jatkui elokuussa, mutta sadetta tuli keskimääräistä enemmän. Syyskuu oli lämmin ja kuiva.

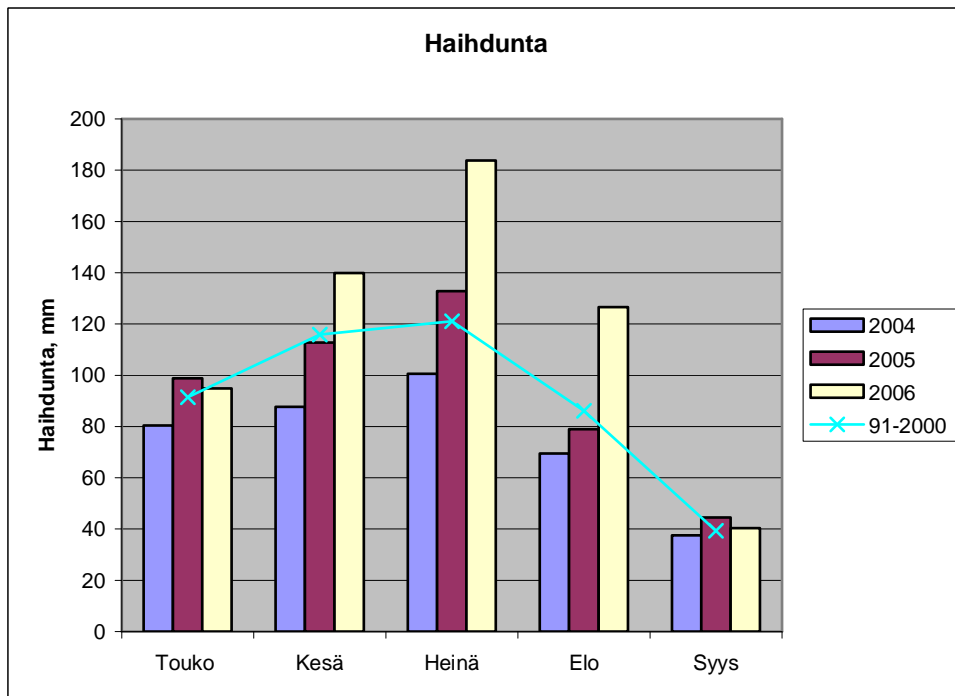
Vuonna 2006 koko kesä oli keskimääräistä lämpimämpi ja kuivempi. Sademäärät olivat vähäisiä (kuvio 8, sivulla 17) ja samalla haihdunta oli suuri (kuvio 9, sivulla 17). Nurmen kasvu oli hidasta kuivuudesta johtuen. Vasta syyskuussa sateita tuli kuten keskimäärin, mutta myös syyskuu oli lähes kolme astetta keskivertoa lämpimämpi (kuvio 7).



KUVIO 7. Kesien keskilämpötilat, °C



KUVIO 8. Kesien sademäärät, mm

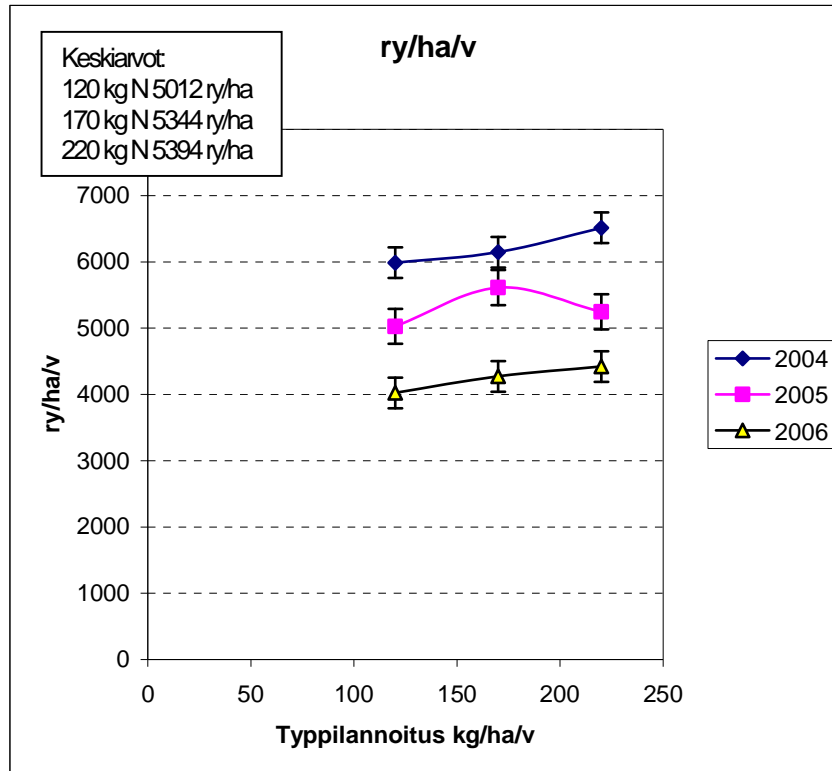


KUVIO 9. Kesien haihdunnat, mm

4.1 Typpilannoituksen vaikutus laitumiin

Rehuyksikkösato

Typpilannoitus ($p = 0,0005$, liite 1) nostaa laitumen rehuyksikkösatoa. Vuosien välillä on vaihtelua (kuvio 10). Rehuyksikkösato oli korkein vuonna 2004 ja alhaisin vuonna 2006 ($p < 0,0001$).

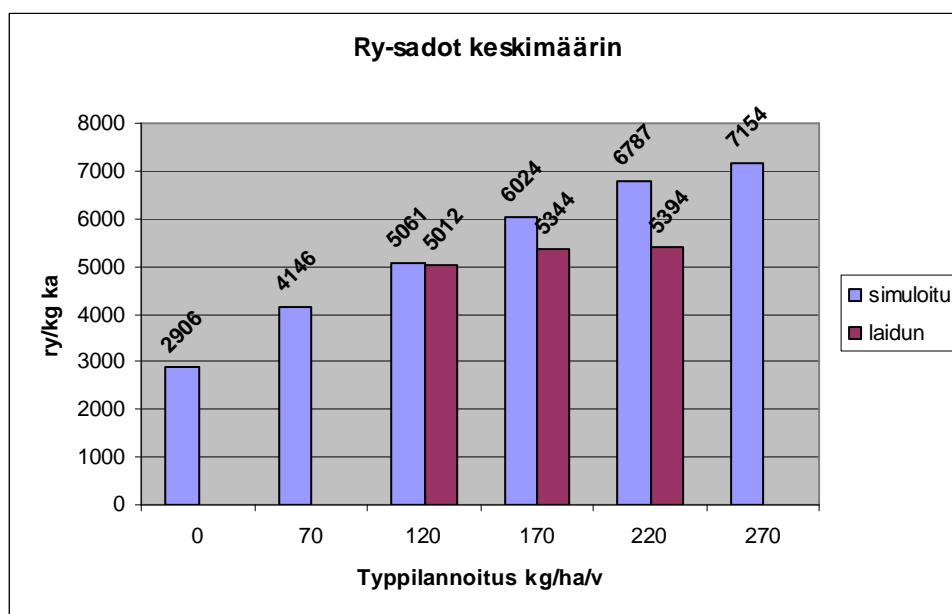


KUVIO 10. Typpilannoituksen vaikutus laitumen rehuyksikkösatoon eri vuosina pystyjana = keskivirhe

Varsinaisella laitumella typpilannoituksen vaikutus ry-satoon oli alhaisempi kuin simuloidulla laitumella. Simuloidulla laitumella sato kasvoi lannoitusta lisättäessä (kuvio 11, sivulla 19), mutta vaste kuitenkin pieneni. Simuloidulla laitumella vaste välillä 120–220 kg N/ha oli keskimäärin 17,3 ry/kg N, laitumella 3,8 ry/kg N. Aiempi suomalainen tutkimus antaa samansuuntaisia tuloksia, siinä vaste välillä 100–300 kg N/ha oli 5,7 ry/kg N (Ettala ym. 1971, 27). Sen sijaan ulkomaisten tutkimusten vasteet ovat olleet huomattavasti suurempia, jopa 20–30 ry/kg N nostettaessa lannoitusta 300 kg:aan (Whitehead 1995, 204–205).

Sytä varsinaisen laitumen pienempiin vasteisiin on mm. se, että lehmä palauttaa 75–90 % syömästään tpestä ulosteina maahan (Uusi-Kämpä ym. 2006, 57). Pienempiin vasteisiin vaikuttaa myös se, että lehmät eivät syö laidunta tasaisesti, vaan hylkylaikkuja jää. Laitumen ry-satojen eri vuosien vertailusta (kuvio 10, sivulla 18) huomaa, että vuonna 2005 satovaihtelu typpitasojen välillä oli erilainen verrattuna kahteen muuhun vuoteen. Tähän mahdollisesti vaikutti se, että vuonna 2005 laidunlohkoja oli käytössä vain kuusi nurmen uusimisen vuoksi ja lehmäkierto laitumilla oli hiukan nopeampi.

Kolmen vuoden keskimääräistä satoa tarkastellen vaikutus näyttäisi olevan käyräviivainen. Välillä 120–170 kg N/ha vaste oli kuusi kertaa suurempi kuin välillä 170–220 kg N/ha.

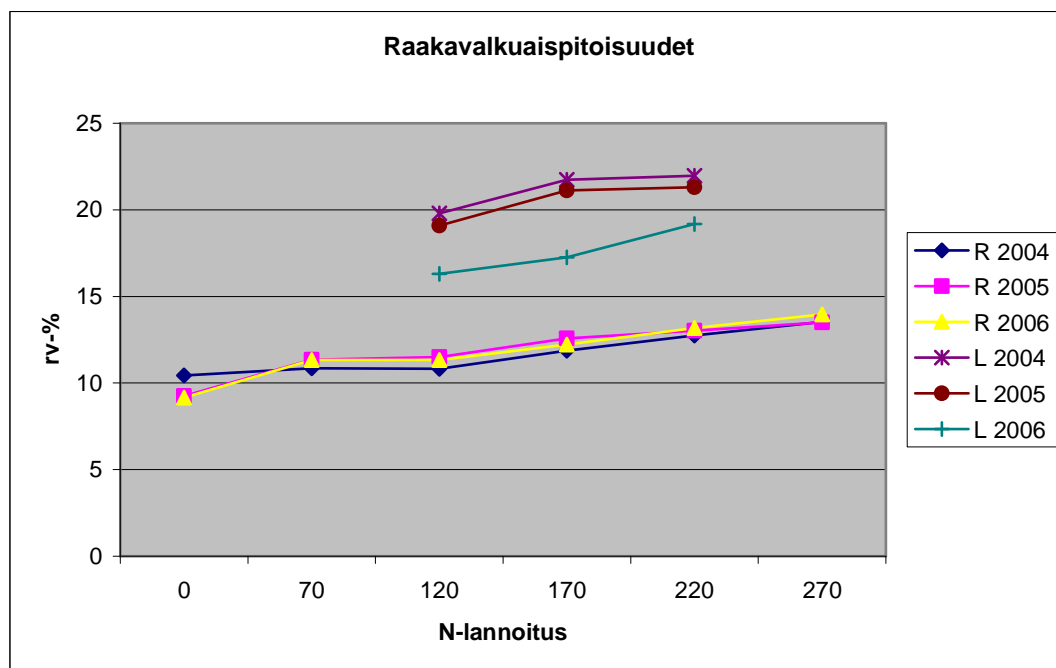


KUVIO 11. Rehuyksikkösadot keskimäärin simuloidulla ja aidolla laitumella

Raakavalkuaispitoisuus

Lannoituksella ($p = 0,010$) on vaikutusta laidunnurmen raakavalkuaispitoisuuteen (liite 1). Kesä 2006 oli kuiva, joten ravinteiden otto heikentyi ja se näkyy vuosien välisessä vaihtelussa. Toisten kesien valkuaistasot ovat melko yhteneväiset. Lannoitus nostaa raakavalkuaispitoisuutta sekä simuloidussa että varsinaisessa laitumessa. Vaste molemmissa välillä 120–220 kg N/ha/v oli 0,02 %. Laitumella pitoisuuden nousu oli suurempi alemmalla lannoitustasolla (taulukko 2, sivulla 21),

kuin nostettaessa lannoitusta yli 170 kg N. Simuloidun laitumen raakavalkuaispitoisuudet ovat pienemmät kuin laitumella (kuvio 12). Laitumen pitoisuuksissa kuiva kesä 2006 näkyy pienempinä pitoisuuksina, jolloin typen mineralisaatio ja typen otto heikentyivät. Pitoisuudet olivat silloin 16–19 %, muina kesinä 19–22 %.



KUVIO 12. Raakavalkuaispitoisuudet laitumella ja ruutukokeessa

R = ruutukoe, L = laidun

Tuhkapitoisuus

Lannoitus nostaa ($p = 0,022$) tuhkapitoisuutta eli kivennäisten määrää (liite 1), mutta pitoisuuksien kasvu ei ole suuri. Keskimääräiset pitoisuudet vaihtelivat välillä 93–97 g/kg ka (taulukko 2, sivulla 21). Vuosien välisessä vaihtelussa näkyy kuivan kesän 2006 vaikutus. Ravinteiden otto heikkeni ja alimmillaan arvot ovat 77 g/kg ka.

Tarjolla oleva laidun ja laidunpäivät

Lannoituksella on vaikutusta tarjolla olevan laitumen (kg ka/ha) ($p < 0,001$) ja laidunpäivien ($p = 0,0005$) määrään (liite 1). Nousu on molemmissa suurempi välillä 120–170 kg N/ha kuin välillä 170–220 kg N/ha.

TAULUKKO 2. Typpilannoituksen vaikutus laitumen rehuarvoon ja ominaisuuksiin

		Typpilannoitus kg/ha/v					
	n¹⁾	120	170	220	SEM²⁾	Lin³⁾	Kvad⁴⁾
D-arvo, g/kg ka	128	736	734	736	3,7	>0.20	>0.20
sulavuus, g/kg ka	128	809	812	815	4,7	>0.20	>0.20
RV, g/kg ka	129	184	200	208	5,6	0,003	>0.20
NDF, g/kg ka	129	503	495	490	7,5	>0.20	>0.20
sokerit, g/kg ka	36	117	114	113	9,4	>0.20	>0.20
tuhka, g/kg ka	129	93	96	97	1,0	0,01	>0.20
nitraatti, mg/kg ka	141	8131	9710	13442	921	<.0001	>0.20
TOL, kg/ha ka	66	1920	2061	2083	43,3	<.0001	0,0203
ka - %	66	17,8	17,4	17,0	0,3126	0,0017	0,9099
alkukorkeus, cm	66	23,8	24,4	24,7	0,4003	<.0001	0,2957
loppukorkeus, cm	66	8,9	8,8	8,8	0,16	>0,20	>0,20
sato, ry/ha/v	66	5012	5344	5384	168	0,0003	0,0986
laidun pv, ny/ha/v	66	387	406	417	12,0	0,0001	0,5346

1) havaintojen lukumäärä

2) keskiarvon keskivirhe

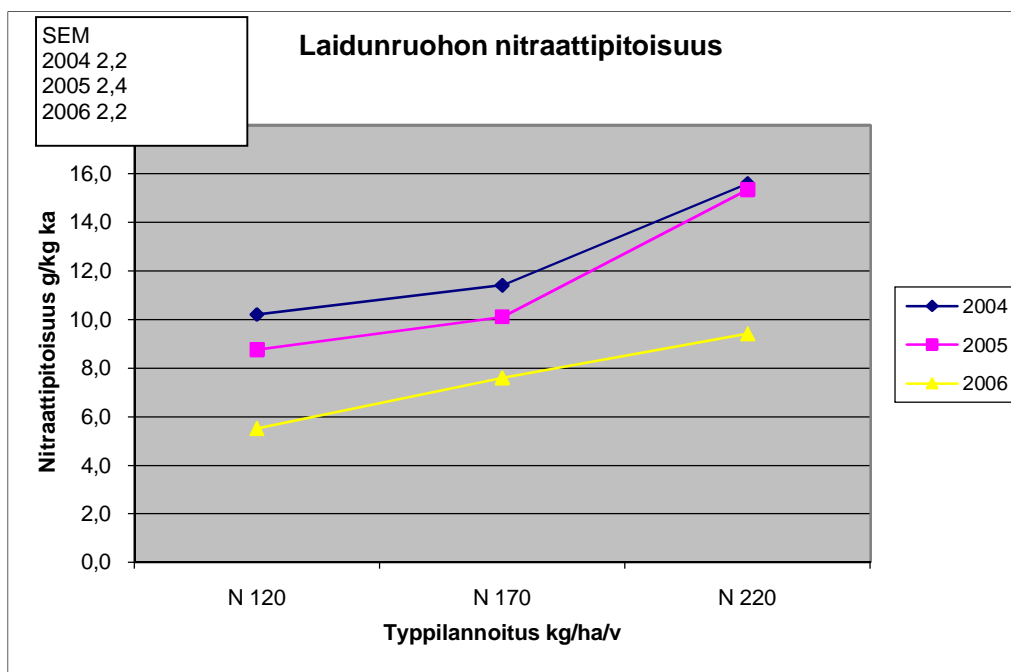
3) lineaarisen (suoraviivainen) kontrastin p-arvo

4) kvadraattisen (käyräviivainen) kontrastin p-arvo

Nitraattipitoisuus

Laidunnurmen nitraattipitoisuus nousee (taulukko 2) suoraviivaisesti lannoitusta liittäessä ($p < 0,0001$) (liite 1). Taulukossa 3 sivulla 22 näkyy eri vuosien ja periodien nitraattipitoisuuksien maksimi-arvot. Arvot ovat korkeimmillaan korkeimmalla lannoitustasolla 28 g/kg ka ja alimmillaan kuivana kesänä 5 g/kg ka. Näin korkeita arvoja on pidetty jo myrkyllisinä lehmille, mutta kokeen aikana tutkimus-
asemalla eivät lehmät tästä kärsineet. Tiedot nitraattipitoisuuden myrkyllisyyden rajasta vaihtelevat jonkin verran. Korkeimmaksi letaaliksi pitoisuudeksi on mainittu 25,8 g/kg ka (Kemp, Geurink, Haalstra & Manstein 1977) ja matalimmaksi 9,7 g/kg ka (McDonald ym. 1988). McDonald tosin toteaa myös, että monet lähteet mainitsevat paljon tätä suuremman raja-arvon. Suomessa nitraattipitoisuutta on mi-

tattu melko vähän. Rinteen (1976) mukaan nitraattipitoisuus on ollut maksimissaan n. 20 g/kg ka ja tyypillinen arvo on ollut luokkaa 10 g/kg ka.



KUVIO 13. Typpilannoituksen vaikutus ruohon nitraattipitoisuuteen.

TAULUKKO 3. Laidunruohon nitraattipitoisuuksien (g/kg ka) maksimi-arvot

periodi	vuosi	N 120	N 170	N 220
1 ¹⁾	2004	18	26	28
2 ²⁾	2004	18	16	27
1 ¹⁾	2005	25	28	27
2 ²⁾	2005	15	17	23
1 ¹⁾	2006	21	20	22
2 ²⁾	2006	5	16	21

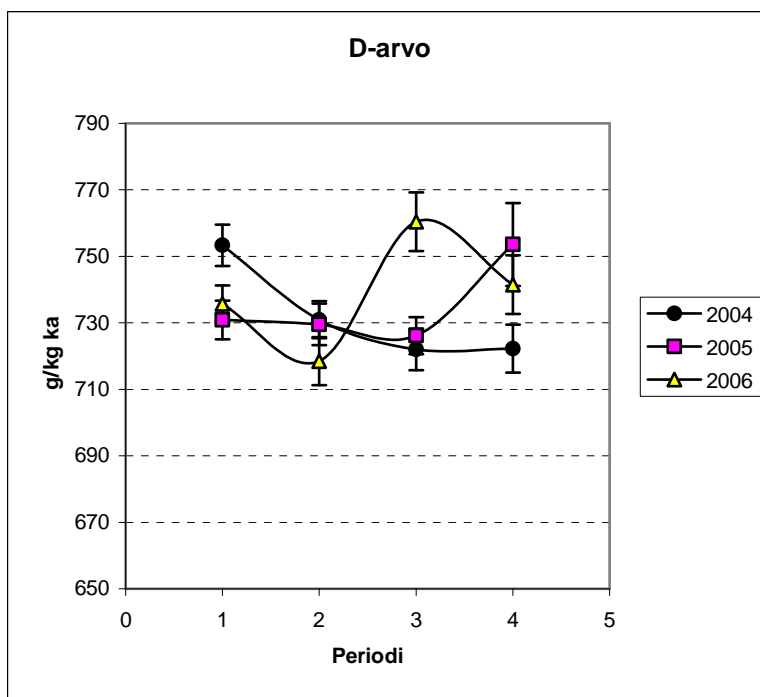
¹⁾ touko-kesäkuu

²⁾ heinä-elokuu

D-arvo

Nurmen D-arvoon lannoituksella ei ole vaikutusta ($p = 0,9$ liite 1), mikä oli odotettavissa (van Vuuren et al. 1991, Whiteheadin mukaan 1995, 281). Kuivan kesän 2006 vaikutus näkyy vuosittaisissa D-arvoissa. Arvot olivat kuitenkin koko ajan

välillä 710–760 ja arvot vaihtelevat luonnollisesti eri tavoin eri kesinä (kuvio 14). D-arvo on tärkein rehun tuotantovaikutusta kuvaava arvo, koska se vaikuttaa myös ry-arvon laskentaan (Alasuutari, Manni & Rautala 2006, 79). Nurmen kasvu hidastui kuivuuden vuoksi heinäkuussa 2006 ja D-arvo jäi matalaksi. Kun nurmi jälleen elokuussa lähti kasvamaan, myös D-arvo oli korkea kuten nuoressa heinässä yleensäkin.



KUVIO 14. Laidunnurmen D-arvojen vaihtelu eri vuosina.

Maitomäärät ja – pitoisuudet

Lehmäkohtaiseen maitomäärään typpilannoituksella näyttäisi olevan lievää kvadraattista (käyräviivaista) vaikutusta, mutta vaikutuksen suuruus on hyvin pieni. Maitomäärä on korkeimmillaan lannoitettaessa 170 kgN/ha/v (taulukko 4, sivulla 24). Energiakorjattuun maitomäärään (EKM) lannoituksella ei ole vaikutusta. EKM on maidontuotannossa tärkeämpi arvo, koska sen mukaan lasketaan lehmän energia- ja valkuaistarpeet. Tässä tutkimuksessa myös laitumen ry-sato on laskettu EKM:n avulla. Siis lehmien ylläpitoon, liikkumiseen ja maidontuotantoon tarvitsemasta ry-määrästä on vähennetty väkirehu ja erotus on laitumelta saatu rehuyksikkömäärä. (Virkajärvi 2008.) Simuloidulla laitumella ry-sato on laskettu ruohomassan kautta ($ry = 0,16 * D\text{-arvo} / 11,7$; Alasuutari ym. 2006, 79). EKM:ää las-

kettaessa huomioidaan maidon pitoisuudet, joten se vaihtelee niiden mukaan; lannoituksella ei siihen ole vaikutusta.

Rasvapitoisuuteen lannoitus ei systemaattisesti vaikuta. Käyräviivaista vaikutusta on, mutta vaikutus on erilainen eri vuosina; korkein rasvapitoisuus havaittiin eri lannoitustasoilla eri vuosina. Lannoituksella ei ole systemaattista vaikutusta myöskään maidon valkuaispitoisuuteen. Ureapitoisuus sen sijaan nousee selvästi (taulukko 4) lannoitusta lisättäessä ($p \leq 0,001$). Ureapitoisuuden nousu välillä 170–220 kg N/ha on yli kaksinkertainen verrattuna nousuun välillä 120–170 kg N/ha. Pitoisuudet olivat korkeimmillaan vuonna 2005, jolloin ylimmällä lannoitustasolla pitoisuus nousi 40 mg:aan. Ureapitoisuutta seuraamalla voidaan valkuaisruokinnan oikeellisuutta arvioida. Maidon normaali ureapitoisuus vaihtelee välillä 25–35 mg/100ml. Jos ureaa on yli 35 mg/100ml maitoa, pötsissä hajoavaa valkuaista on liikaa suhteessa energian saantiin. (Alasuutari ym. 2006, 88.)

TAULUKKO 4. Maitomäärät ja – pitoisuudet eri vuosina eri lannoitustasoilla.

	N-lannoitustaso				Merkitsevyys	
	120	170	220	sem	lin	kvad
2004						
maito kg/pv	30,3	30,8	29,9	0,78	0,15	0,26
EKM kg/pv	28,3	28,2	28,3	0,59	0,96	0,69
rasva g/kg	35,8	35,0	36,7	0,69	0,08	0,01
valk. g/kg	33,6	33,7	33,5	0,42	0,76	0,17
urea mg/100ml	27,6	29,2	33,4	0,76	<0,001	<0,01
2005						
maito kg/pv	28,6	29,4	28,9	0,79	0,92	0,04
EKM kg/pv	27,2	28,5	27,6	0,66	0,32	<0,01
rasva g/kg	37,1	38,5	37,6	0,99	0,35	0,03
valk. g/kg	33,6	34,0	34,0	0,6	0,04	0,33
urea mg/100ml	33,0	35,1	40,0	1,1	<0,001	0,03
2006						
maito kg/pv	30,2	30,9	30,4	0,52	0,4	0,005
EKM kg/pv	29,0	28,8	29,2	0,51	0,5	0,24
rasva g/kg	38,0	35,4	37,8	0,78	0,7	0,001
valk. g/kg	33,5	33,5	33,7	0,37	0,47	0,53
urea mg/100ml	27,0	28,0	31,0	0,6	0,001	0,2

4.2 Typpilannoituksen vaikutus simuloidussa laitumessa

Rehuyksikkösato

Typpilannoitus nosti satoa simuloidussa laitumessa ($p < 0,001$). Satovaste kuitenkin pieneni lannoitusta nostettaessa (taulukko 5). Ylimmällä lannoitustasolla (270 kg N/ha) vasteet ovat jo huomattavasti pienemmät kuin alemmilla tasoilla. Vaste välillä 120–220 kg N, jossa lannoitustasot ovat samat kuin laitumella, oli keskimäärin 17,3 ry/kg N.

TAULUKKO 5. Simuloidun laitumen ry-sadot ja vasteet eri vuosina.

Ry-sato				Vaste ry/kg N			
	2004	2005	2006		2004	2005	2006
0	4327	2768	1624	0			
70	5330	4257	2852	70	14	21	18
120	6915	5188	3079	120	32	19	11
170	7876	6276	3919	170	19	22	21
220	8595	7255	4510	220	14	20	15
270	8808	7814	4839	270	4	11	11
SEM	187	414	364				
Lin	<.0001	<.0001	<.0001				
Kvad	0,0005	0,1304	0,0669				

Raakavalkuaispitoisuus

Typpilannoitus nosti raakavalkuais-prosenttia simuloidussa laitumessa. Vuoden 2004 ja lievästi vuoden 2005 raakavalkuaispitoisuuden nousu oli käyräviivaista ($p = 0,011$ ja $p = 0,087$). Raakavalkuaisprosentteissa ei ollut vaihtelua eri vuosien välillä. Vaste on suurimmillaan lannoitettaessa 170 kg N/ha/v (taulukko 6, sivulla 26) ja välillä 120–220 kg N (verrattavissa laitumeen) vaste oli keskimäärin 0,02 %.

TAULUKKO 6. Simuloidun laitumen raakavalkuais-prosentit ja vasteet eri vuosina.

RV %				Vaste % RV/kg N			
	2004	2005	2006		2004	2005	2006
0	10,4	9,3	9,2	0			
70	10,9	11,4	11,3	70	0,006	0,030	0,031
120	10,8	11,5	11,3	120	-0,001	0,003	0,000
170	11,9	12,6	12,2	170	0,021	0,022	0,022
220	12,8	13,0	13,2	220	0,018	0,009	0,024
270	13,5	13,5	14,0	270	0,015	0,010	0,026
SEM	0,3	0,4	0,4				
Lin	<.0001	<.0001	<.0001				
Kvad	0,0111	0,0866	0,5752				

Sekä rehuyksiköiden että raakavalkuaisen vasteet simuloidulla laitumella vuoden 2006 osalta on laskettu alemmilla lannoitusmäärillä. Lannoitusmäärät oli suunnitelman mukaan tarkoitettu annettavaksi kolme kertaa kesässä. Kuitenkin vuonna 2006 kuivuuden ja ensimmäisen niiton huonon ajoituksen vuoksi nurmi ei kasvanut ja kolmas lannoitus jäi tekemättä (liite 2).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Typpilannoituksella aidolla laitumella ei ole niin suurta vaikutusta rehuyksikkösaattoon kuin simuloidulla laitumella. Simuloidun laitumen vaste on noin neljä kertaa suurempi kuin aidolla laitumella, jossa vaste on suurimmillaan lannoitettaessa 170 kg N/ha/v. Simuloidulla laitumella ei pystytä ottamaan huomioon lehmää, joka ensinnäkin syö ruohon epätasaisesti ja lisäksi palauttaa osan syömästään tyypestä ulosteiden mukana maahan. Laidunkokeita ei siis voi tehdä simuloidusti, vaan vain aidolla laitumella.

Taulukossa 7 on laskettu kannattavuus eri lannoitustasoilla, kun satovasteet ovat tiedossa. Lisättäessä lannoitusta 120 kg:sta, taloudellinen tuotto on lähes viisi euroa kilolla tyypeä. Näyttää siltä, että taloudellisesti kannattavin lannoitustaso on 170 kg tyypeä.

TAULUKKO 7. Kannattavuus laitumella eri lannoitustasoilla (Salpietarin hinta 28.4.2008)

Alustava kannattavuus:			
typpitaso	120–220	120–170	170–220
typpikilo tuottaa ry	3,8	6,6	1,0
1 ry tuottaa maitoa	2,27	2,27	2,27
typpikilolla maitoa	8,68	15,07	2,28
maidon hinta	0,42	0,42	0,42
typpikilolla euroja	3,64	6,33	0,96
Salpietarin hinta €/kg	0,38	0,38	0,38
typpikilon hinta	1,41	1,41	1,41
Tuotto, €	2,23	4,92	-0,45

Nurmen raakavalkuaispitoisuus nousee lannoitusta lisättäessä sekä simuloidulla että aidolla laitumella. Aidon laitumen pitoisuudet ovat huomattavasti suurempia, koska niihin vaikuttaa lehmän sontana ja suurimmaksi osaksi virtsana tuottama typpi. Virtsan tyypestä noin neljäsosa on heti kasvien käytettävissä. Tyypeä on vuosien saatossa kumuloitunut aitoon laitumeen, joten myös se vaikuttaa raakavalkuaispitoisuuksien eroon aidon ja simuloidun laitumen välillä. Lannoitettaessa 170 kg

N/ha ruohon raakavalkuaispitoisuus on 20 % ja Nousiaisen (2003) mukaan jo 13 % on riittävä lehmän pötsin tarpeisiin.

Tarjolla olevan laitumen määrä ja laidunpäivät sekä ruohon nitraattipitoisuus lisääntyvät lannoitusta nostettaessa. Korkeimmillaan nitraattipitoisuus on lannoitettaessa 220 kg N/ha. Korkeimmat pitoisuudet ylittävät jo rajan, joka Kempin ym. (1977) mukaan on myrkyllinen lypsylehmälle.

Lehmän tuottama maitomäärä on korkeimmillaan lannoitettaessa 170 kg N/ha, mutta vaikutus on käytännössä hyvin pieni. Energiakorjattuun maitomäärään (EKM) sekä maidon rasva- ja valkuaispitoisuuteen lannoituksella ei voida vaikuttaa.

Ureapitoisuus sen sijaan nousee selvästi lannoitusta lisättäessä ja nousu on suurempi korkeammalla lannoitustasolla. Kesällä 2005 pitoisuus nousi yli 35 mg sekä 170 kg N että 220 kg N lannoitustasoilla. Yli 35 mg pitoisuudesta voidaan päätellä, että ruokinnassa on liikaa valkuaista suhteessa energiaan (Alasuutari ym. 2006). Kokeukseni mukaan ureapitoisuudet laidunkauden aikana kuitenkin ovat yleensä korkeampia kuin sisäruokintakaudella.

6 PÄÄTÄNTÖ

Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko typpilannoitussuosituksia laitumille alentaa. Tutkimuksen alkaessa suositus oli 220 kg N/ha/v. Suosituksia kuitenkin alennettiin 190 kg:aan jo 2006, kun Saarijärvi ym. (2006c) selvitti typpeä kertyvän laitumeen enemmän kuin niitonurmeen. Ennen kuin lannoitussuosituksia tästä alennetaan, täytyi selvittää satovasteet alemmilla lannoitusmäärillä.

Tutkimuksessa selvisi, että paras satovaste laitumelta saadaan lannoitettaessa 170 kg N/ha. Vaste on silloin 6,6 ry/kg N ja rahallisesti arvo on 4,92 €/kg N. Nostettaessa lannoitusta 170 kg:sta vaste pienenee niin, ettei lannoitus enää ole lainkaan kannattavaa (taulukko 7, sivulla 27).

Rehuyksikkösadon lisäksi ruohon raakavalkuais- ja kivennäispitoisuus, tarjolla olevan laitumen määrä sekä laidunnuspäivien lukumäärä kasvaa lannoitusta nostettaessa. Näiden kaikkien kohdalla vaikutus pienenee lannoituksen noustessa yli 170 kg typpeä.

Lannoitus nostaa myös ruohon nitraattipitoisuutta sekä maidon ureapitoisuutta. Ureapitoisuuden nousu kuvaa sitä, että lehmä poistaa elimistöstään ylimääräistä valkuaista ureana. Nitraattipitoisuus saattaa nousta laitumella myrkylliseksi asti lannoitusta nostettaessa.

Nämä pitoisuudet ja ominaisuudet ovat siis myös tukemassa väitettä, että 170 kg typpeä on riittävä lannoitustaso laitumelle.

Tutkimuksen luotettavuus

Suurin ongelma tulosten luotettavuutta miettiessä on se, että tutkimus on tehty vain yhdessä paikassa. Tällainen tutkimus on kallis järjestää, eikä ole toista paikkaa jossa sen voisi toteuttaa. Ongelma onkin pohtia, kuinka hyvin Maaningalla saadut tulokset pitävät paikkaansa muualla Suomessa. Lisäksi voidaan käyttää kirjallisuutta ja aiempia tutkimuksia hyväksi, jotta muiden maalajien satovasteet saadaan selville.

Luotettavuutta parantamaan perustettiin simuloitua laitumet, joita on Jokioisilla, Ruukissa ja Maaningalla erilaisilla maalajeilla toteutettuna. Mutta kuten on tullut ilmi, laidunkoetta ei voi täydellisesti simuloida. Toki simuloitua laitumia keskenään voidaan verrata ja selvittää maalajien vaikutusta ja siten peilata tuloksia laitumiin.

Toinen asiaan vaikuttava asia on sää. Voidaan pohtia, onko kolme vuotta riittävän pitkä aika tällaisen tutkimuksen suorittamiseen. Sääolot ovat aina vaihtelevia ja niihin emme voi vaikuttaa. Kokeen aikana oli kolme sääoloiltaan erilaista kesää. Tulokset ovat jokatapauksessa samansuuntaisia, joten ne lienevät luotettavia.

Eläimet tutkimuksen yhtenä osana ovat tunnetusti vaikeita. Riittävä eläinmäärä ja erilaiset eläimet tulee ottaa huomioon. Tässä tutkimuksessa lehmät on ryhmitelty niin, että jokaisessa ryhmässä on mahdollisimman tasalaatuiset eläimet. Tutkimus on järjestetty cross-over -periaatteella, jolloin kaikki lehmät kiertävät jokaisella lannoitustasolla ja yksilöiden vaikutukset tulee minimoitua.

Tutkimuksen luotettavuutta lisää se, että menetelmiä on hiottu vuosien kuluessa. Aiemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia on julkaistu sekä kotimaisissa että kansainvälisissä julkaisuissa.

Tutkimuksen merkitys

Viljelijöille tutkimuksen tulos merkitsee taloudellista säästöä. Lannoitteiden hinnat ovat nousseet, joten todellinen lannoitustarve korostuu entisestään. Jokainen turha lannoitekilo on taloudellisesti kannattamaton. Typpilannoitusta vähennettäessä 190 kg:sta 170 kg:aan merkitsee 28 euron säästöä hehtaarille. Nykyisillä karjamäärillä laitumia on tiloilla useita hehtaareja, joten säästöä kertyy; esimerkiksi 20 hehtaarin laidunalalla säästöä tulee 560 €/v.

Ympäristön kannalta tutkimuksella on merkitystä, sillä typpilannoituksen vähentyessä myös pohjavesien typpikuormitus vähenee.

LÄHTEET

Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. 2006. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Ettala, E., Poutiainen, E., Lampila, M., Rinne, K. & Takala, M. 1971. Typpilannoituksen vaikutus laidunnurmeen ja lehmien tuotoksiin. Kehittyvä maatalous 4/1971, s. 18–29.

Heinonen, R.(toim.), Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. 1996. Maa, viljely ja ympäristö. 1.-2. painos. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Hyytiäinen, T., Hedman-Partanen, R., Hiltunen, S. 1999. Kasvintuotanto 2. 2. painos. Rauma: Kirjapaino Oy West Point.

Hyytiäinen, T., Hiltunen, S. 1996. Kasvintuotanto 1. 1.-3. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kasvukirja 2006. Maan kasvukunto ja ravinteet. Ravinteiden merkitys. Kemira GrowHow.

Kemp, A., Geurink, J.H., Haalstra, R.T. & Manstein, J. 1977. Nitratgehalt von Grünfütter, Heu und Silage und Nitratvergiftung beim Rindvieh, Zeitschrift Das Wirtschaftsteigene Futter 23 (2): 53-59.

Lemola, R. ja Turtola, E. 2006. Typen huuhtoutuminen laitumelta eri maalajeilla. Teoksessa: Virkajärvi, P. & Uusi-Kämpä, J. (toim.). Laitumen ja suojavähyhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Maa- ja elintarviketalous 76. Jokioinen: MTT, s. 55–74.

McDonald, P., Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D. 1988. Animal Nutrition, p 390. 4th ed. Longman Scientific & Technical, Hong Kong. 543 p.

Rajala, J. (toim.) 2006. Luonnonmukainen maatalous. Julkaisuja no 80. Helsingin yliopisto, Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus: Mikkeli.

Rehuarvojen laskentaperusteet. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006. MTT:n selvityksiä 106. Jokioinen: MTT.

Rinne, K. 1978. Lypsykarjan laitumen typpilannoitus. Sata-Hämeen koeaseman tiedote 3.

Rinne, K. Laidunruohon kemiallinen koostumus eri typpilannoitustasoilla. Maataloustieteellinen aikakausikirja 48: 305–316.

Saarijärvi, K., Karppinen, M. & Virkajärvi, P. 2006a. Typpifraktioiden dynamiikka sekä nurmen typenotto sonta- ja virtsalaikuissa. Teoksessa: Virkajärvi, P. & Uusi-Kämpä, J. (toim.). Laitumen ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Maa- ja elintarviketalous 76. Jokioinen: MTT, s. 37–54

Saarijärvi, K., Virkajärvi, P., Heinonen-Tanski, H. & Taipainen, I. 2006c. Säilörehu- ja laidunnurmen pohjavesikuormitus. Teoksessa: Virkajärvi, P. & Uusi-Kämpä, J. (toim.). Laitumen ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Maa- ja elintarviketalous 76. Jokioinen: MTT, s. 7-17

Seppänen, H., Komulainen, M.(toim.) 1994. Nurmenviljely. Tieto tuottamaan 69. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 872.

Uusi-Kämpä, J. Saarijärvi, K., Palojärvi, A., Rankinen, K., Regina, K., Maljanen, M. & Virkajärvi, P. 2006. Laitumen ja suojakaistan typpitalous. Teoksessa: Alakukku, L. (toim.). Maaperän prosessit – pellon kunnon ja ympäristönhoidon perusta. Maa- ja elintarviketalous 82. Jokioinen: MTT, s. 57–68

Whitehead, D. C. 1995. Grassland Nitrogen. Guildford: Cab International

Painamattomat lähteet

Gödslingsråd Säsongen 2008. Yara. [Viitattu 17.3.2008]. Saatavissa:
http://fert.yara.se/library/attachments/news_room/publications/brochures/godslrad08_uppsl.pdf

Käytössä oleva maatalousmaa 2007. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. [Viitattu 26.1.2008]. Saatavissa:
http://www.matilda.fi/pls/portal30/rpportal.matilda_julkaisut.showfile?docid=826&versio=1200568504&fileid=5614

Käytössä oleva maatalousmaa 2000–2006. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. [Viitattu: 22.3.2008]. Saatavissa:
http://www.matilda.fi/pls/portal30/rpportal.matilda_julkaisut.showfile?docid=1218&versio=1200383812&fileid=5795

Lannoitteiden käyttö 2004/05. Maatilatilastollinen vuosikirja 2006. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. [Viitattu 17.3.2008]. Saatavissa:
http://www.matilda.fi/pls/portal30/rpportal.matilda_julkaisut.showfile?docid=1218&versio=1200383812&fileid=5801

Nousiainen, Juha 2003. Maito ja Me, säilörehuteema. Mitä ARTTURI rehuanalyysi kertoo ja miten sitä tulkitaan. [Viitattu: 12.2.2008]. Saatavissa:
http://www.valio.fi/maitojame/sailorehu_03/mitaarttu.htm

Sairanen, Auvo 2004. Tutkija. Palaveri 2004. MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Maaninka.

Virkajärvi, Perttu 2006. Vanhempi tutkija. Keskustelu 2006. MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Maaninka.

Virkajärvi, Perttu 2008. Vanhempi tutkija. Sähköposti 4.4.2008. MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Maaninka.

Laitumen rehuarvojen ja ominaisuuksien p-arvot:

	RV	D- arvo	sulavuus	NDF	vesi- liuk.hii- lihydr.	tuhka (kiven- näiset)	nitraatti	ka %	TOL	alkukor- keus	loppukor- keus	laidun pv	ry-sato
N-lannoitus	0,010	0,90	0,73	0,49	0,94	0,022	0,0004	0,0067	<.0001	0,0002	0,7116	0,0005	0,0005
Jakso	0,036	0,045	0,16	0,69	0,001	<.0001	0,02						
Vuosi	<.0001	0,39	0,10	0,26		<.0001	<.0001	<.0001	0,2959	0,3801	0,0101	<.0001	<.0001
N-lannoitus + vuosi	0,91	0,99	0,86	0,98		0,85	0,82	0,6079	0,9204	0,4103	0,0627	0,6962	0,0089
N-lannoitus + jakso	0,96	1,00	0,92	1,00		0,94	0,62						
Jakso + vuosi	0,40	<.0001	0,024	0,16		<.0001	0,0003						
N-lannoitus + jakso + vuosi	1,00	1,00	1,00	1,00		0,93	0,69						
Lin	0,003	0,92	0,43	0,24	0,72	0,010	0,0001	0,0017	<.0001	<.0001	0,4131	0,0001	0,0003
Kvad	0,53	0,65	0,98	0,83	0,96	0,32	0,40	0,9099	0,0203	0,2957	0,9652	0,5346	0,986

LIITE 2

Laitumen syötön aloitus-, lopetus- ja lannoituspäivämäärät:

	2004	2005	2006
Laidunnus alkoi	31.5.	27.5.	30.5.
Laidunnus loppui	15.9.	1.9.	10.9.
1. lannoitus	25.5.	21.5.	11.5.
Viimeinen lannoitus	4.8.	25.7.	16.8.

Simuloidun laitumen lannoitusten ja niittojen päivämäärät:

		2004	2005	2006
Lannoitus	1.	13.5.	20.5.	18.5.
	2.	23.6.	11.7.	6.7.
	3.	15.7.	12.8.	–
Niitto	1.	28.5.	7.6.	8.6.
	2.	21.6.	7.7.	6.7.
	3.	14.7.	11.8.	14.9.
	4.	12.8.	12.9.	–